



Helena Aronsson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg

Kväve- och fosforutlakning från lerjord vid odling av två-årig grönbräda med olika putsningsfrekvens



Ekohydrologi 111

Uppsala 2009

Enheten för biogeofysik och vattenvård

Sveriges lantbruksuniversitet

ISRN SLU-VV-EKOHYD--111-SE

ISSN 0347-9307

Swedish University of Agricultural Sciences

INNEHÅLL

TILLKÄNNAGIVANDEN	2
SAMMANFATTNING	3
INLEDNING	5
MATERIAL OCH METODER	5
Försöksfältet	5
Försöksplan, mål och odlingsåtgärder	6
Fältmätningar och analyser	7
RESULTAT OCH DISKUSSION	9
Grönträdornas tillväxt och sammansättning	9
Lakning från avputsat växtmaterial vid markytan	11
Mineralkvävedynamik i marken	13
Höstraps efter träda	14
Avrinning och utlakning av kväve och fosfor	15
	19
SLUTSATSER	19
REFERENSER	

TILLKÄNNAGIVANDEN

Det redovisade försöket bedrivs med medel från Jordbruksverket och Sveriges lantbruksuniversitet. Det är ett samarbetsprojekt mellan olika enheter vid Institutionen för mark och miljö med Helena Aronsson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg som projektledare. Försöket är beläget på Lanna försöksstation i Västergötland där Rolf Tunared och Lisbeth Norberg med flera under ledning av distriktsförsöksledare Johan Roland har ansvarat för försökets skötsel samt provtagning av vatten, jord och grödor. Gröd-, jord- och vattenprover har analyserats vid laboratorier vid Institutionen för mark och miljö.

SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas resultat under åren 2006-2008 från ett utlakningsförsök (R2-8419) beläget på styv lera vid Lanna försöksstation i Västergötland. Försöket ingår sedan 1993 i forskningsprogrammet "Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark" som finansieras av Jordbruksverket och SLU. Försöket är beläget på måttligt mullhaltig styv lera. Det omfattar 7 försöksrutor om vardera 4000 m² med specialbyggda dräneringssystem som möjliggör mätning av utlakning från varje ruta.

I studien jämfördes olika trädestyper. Förutom en långliggande vallträdan som legat på en ruta sedan 1993 odlades på de övriga sex rutorna två-årig grönträda med två olika putsningsstrategier (en putsning jämfört med fyra putsningar) under 2007. Grönträdan anlades på samma sätt i de sex rutorna under 2006. Huvudstudieåret med olika putsningsstrategier var 2007 och brytning av träda med två olika jordbearbetningsstrategier studerades under 2008, följt av höstraps.

Målet med studierna var:

1. Att studera kvävedynamik i marken och läckage av kväve och fosfor i samband med odling av flerårig grönträda med särskild tyngdpunkt på jämförelser av:
 - intensiv respektive enstaka putsning.
 - kemisk brytning följt av reducerad jordbearbetning respektive konventionell jordbearbetning inför sådd av höstraps.
2. Att undersöka om grönträda som förfrukt till höstraps kan försörja rapsen med kväve under hösten.
3. Att jämföra läckaget av kväve och fosfor från en tvåårig grönträda jämfört med en långliggande grönträda.

Slutsatserna kan sammanfattas enligt följande:

Odling av träda med 20-30% klöverinslag och brytning av trädan på sommaren innebar, oavsett putsningsfrekvens, ingen ökad risk för kväveutlakning. Den var betydligt mindre än från stråsädesodling på samma jord. Utlakningen av kväve från tvåårig växande träda var dock något större än från långliggande träda som inte gödslats på många år. Däremot fanns tendens till ökat fosforläckage under åren med träda jämfört med år då stråsäd odlades. En bidragande orsak till detta var troligen den omfattande lakning av fosfor som skedde från det avslagna växtmaterialet i samband med nedebröd. Sammansättningen hos det avrinnande vattnet förändrades därmed till att hålla en lägre N/P-kvot då marken odlades med grönträda. I den långliggande trädan var detta mönster ännu tydligare.

Upprepad putsning av trädan gav ett näringsrikare växtmaterial som ökade tillväxten hos trädan under det andra trädesåret och som gav något bättre förfruktseffekt för en efterföljande höstrapsgröda. Trädans förfruktseffekt var emellertid inte tillräcklig för att förse höstrapsen med tillräcklig mängd kväve.

Olika jordbearbetningsstrategier (enbart stubbearbetning respektive stubbearbetning och plöjning) efter kemisk brytning av trädan i juli gav inte upphov till skillnader i vare sig kväve- eller fosforutlakning. Utlakningen av kväve var överlag liten efter brytningen av trädan.

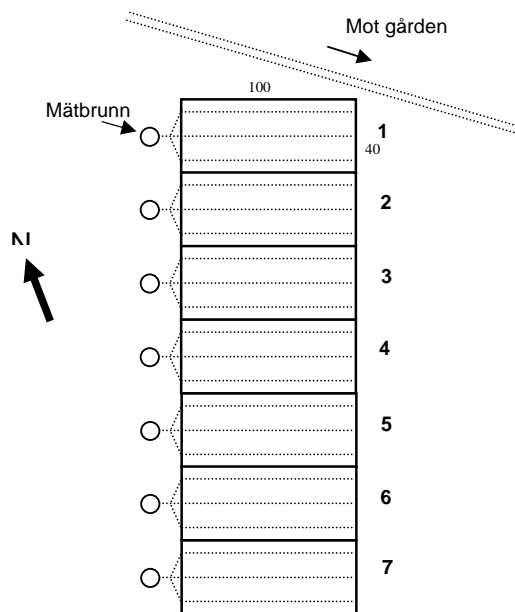
INLEDNING

I denna rapport redovisas resultat under åren 2006-2008 från ett utlakningsförsök (R2-8419) beläget på styv lera vid Lanna försöksstation i Västergötland. Försöket ingår sedan 1993 i forskningsprogrammet "Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark" som finansieras av Jordbruksverket och SLU. Försöken inom projektet är belägna på fyra olika försöksplatser. De har ett gemensamt övergripande mål, där särskilt långsiktiga effekter av fånggrödor, stallgödseltillförsel och olika jordbearbetningsstrategier studeras. I försöket vid Lanna studerades under perioden 2006-2008 dels effekten av tvåårig grönräda med en efterföljande höstrapsgröda och dels effekten av långliggande träda (sedan 1993), på läckaget av kväve och fosfor. Försöksperioden föregicks av en studie med olika jordbearbetningsstrategier i en höstvetedominerad växtföljd (Aronsson et al., 2006) som i sin tur föregicks av en period med undersökningar av insådda fånggrödor och olika gödslingsnivåer (Lindén et al., 1993; Lindén et al., 2006). Från och med 2008 infördes en växtföljd med jämförelse av två jordbearbetningssystem, ett med konventionell plöjning och ett med reducerad jordbearbetning.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfältet

Lanna försöksstation är belägen på Varaslätten ca 20 km väster om Skara. Försöksfältet iordningställdes 1935 för rutvis uppsamling av dräneringsvatten och har sedan 1961 utnyttjats för utlakningsstudier. Försöket omfattar 7 rutor om vardera ca 4000 m². Jordarten är måttligt mullhaltig styv lera i matjorden. Alven utgörs av styv lera ned till ungefär 50 cm djup och övergår sedan i mycket styv lera. Jordartssammansättning, kemiska egenskaper och matjordens innehåll av kol och kväve framgår av tabell 1 och 2.



Figur 1. Försöksfältet med dräneringssystem.

Tabell 1. Markegenskaper på försöksplatsen vid Lanna. Jordartssammansättning i matjord och alv, medeltal för alla rutor

Markdjup (cm)	Texturell sammansättning (%), partikelstorlek (mm)				Mullhalt (%)*
	Ler <0,002	Mjåla 0,002-0,02	Mo 0,02-0,2	Sand 0,2-2	
0-20	45,2	27,5	20,2	7,1	3,3*
20-40	54,5	28,3	13,4	3,8	
40-60	59,5	26,1	13,0	1,2	
60-80	61,5	24,7	12,7	1,0	
80-100	64,1	25,3	10,0	0,6	

*) Provtagning den 26/10 1992, beräknat på basis av totalkolbestämning (omräkningsfaktor: 1,724).

Tabell 2. Kemiska egenskaper i olika markskikt. Provtagning i november 2005. Ruta 2 och 5 gödslades med 30 kg P/ha i slutet av september 2005

Ruta	Skikt (cm djup)	pH (H ₂ O)	P-AL mg/100g torr jord	K-AL	P-HCl	K-HCl	Total-N % av ts	Total-C % av ts
1	0-30	7,6	7,4	13,8	53	212	0,17	1,92
	30-60	7,8	10,0	16,6	53	380	0,04	0,38
	60-90	7,7	16,3	21,1	62	485	0,02	0,22
2	0-30	7,6	7,3	12,5	41	210	0,17	1,95
	30-60	7,6	8,8	16,7	44	356	0,04	0,40
	60-90	7,6	15,3	21,5	59	476	0,02	0,23
3	0-30	7,2	9,2	13,1	49	225	0,19	2,08
	30-60	7,4	8,6	15,6	43	375	0,05	0,54
	60-90	7,4	17,3	20,2	54	504	0,02	0,35
4	0-30	7,2	7,7	13,1	43	241	0,18	2,04
	30-60	7,3	6,9	17,3	32	369	0,05	0,56
	60-90	7,4	14,8	22,9	57	520	0,03	0,39
5	0-30	7,2	6,1	15,1	43	299	0,16	1,80
	30-60	7,4	8,6	18,0	39	435	0,04	0,48
	60-90	7,5	17,4	23,5	55	562	0,02	0,34
6	0-30	7,3	7,0	14,8	43	291	0,16	1,79
	30-60	7,3	8,9	18,5	42	458	0,05	0,50
	60-90	7,5	17,3	21,4	56	554	0,03	0,58
7	0-30	7,1	5,3	18,9	43	326	0,20	2,17
	30-60	7,3	8,4	19,8	40	473	0,05	0,48
	60-90	7,5	16,4	24,3	57	559	0,03	0,42

Försöksplan, mål och odlingsåtgärder

Under försöksperioden 2006-2008 jämfördes olika trädestyper. Förutom den långliggande vallträdan på ruta 7 som legat sedan 1993 odlades på de övriga sex rutorna två-årig grönträda bestående av gräs och vitklöver med två olika putsningsstrategier (tre upprepningar) under 2007, tabell 3. Grönträdan anlades på samma sätt i de sex rutorna under 2006. Huvudstudieåret med olika putsningsstrategier var 2007 och brytning av träda med två olika jordbearbetningsstrategier studerades under 2008, följt av höstraps.

Tabell 3. Översikt av ledens behandlingar under 2006-2008

Led	A 1, 4, 5	B 2, 3, 6	C 7
2006	Vallinsådd på rutorna 1-6		Långliggande vallträda
2007	Fyra putsningar av trädan	En putsning av trädan	En putsning av trädan
2008	Två putsningar av trädan Kemisk brytning följt av stubbearbetning och plöjning Sådd av höstraps	Två putsningar av trädan Kemisk brytning följt av endast stubbearbetning Sådd av höstraps	En putsning av trädan Ingen jordbearbetning

Målet med studien var:

1. Att studera kvävedynamik i marken och läckage av kväve och fosfor i samband med odling av flerårig grönräda med särskild tyngdpunkt på jämförelser av:

- intensiv respektive enstaka putsning.
- kemisk brytning följt av reducerad jordbearbetning respektive konventionell jordbearbetning inför sådd av hösträps.

2. Att undersöka om grönräda med vitklöver som förfrukt till hösträps kan försörja rapsen med kväve under hösten.

3. Att jämföra läckaget av kväve och fosfor från en tvåårig grönräda jämfört med en långliggande grönräda.

Grönräda såddes in i stråsäd våren 2006 i form av en vallfröblandning som bestod av 90% gräs (huvudsakligen engelskt rajgräs) och 10% vitklöver. Tidpunkter för genomförda åtgärder i försöket framgår av tabell 4. På fyra av de sex rutorna skedde insådden i växande höstvetet (ruta 2-5) och på två av rutorna i havre (ruta 1 och 6). Att insådden skedde i olika grödor hade att göra med den tidigare försöksperioden som avslutades i och med skörd 2006. Höstvetet tillfördes 160 kg N/ha uppdelat på två givor och havren gödslades med 90 kg N/ha som enkel giva. Fosforgödsling med 30 kg P/ha utfördes våren 2006 i ruta 3 och 4. Förutom dessa gödslingar skedde ingen ytterligare tillförsel av kväve och fosfor under 2006-2008. Alla rutor behandlades lika under hösten 2006, dvs de var bevuxna med vallinsådden. Vallinsådden var dock mycket ojämn på några av rutorna. Extra insådd med samma vallfröblandning gjordes våren 2007. Under 2007 tillämpades intensiv putsning (4 ggr) i led A medan led B och led C endast putsades vid ett tillfälle (tabell 3). Under 2008 putsades trädan i både led A och B två gånger varefter den bröts på kemisk väg den 8 juli med Roundup Bio (3 l/ha). Alla 6 rutorna stubbearbetades efter 3 veckor och i led A gjordes strax därefter också en vanlig plöjning, medan led B stubbearbetades ännu en gång, men endast till 5 cm djup. Därefter såddes hösträps 16 augusti utan tillförsel av kväve på hösten. I och med brytningen av träderna övergick man till en ny försöksplan med jämförelse av två olika jordbearbetningssystem. Led C putsades endast vid ett tillfälle under 2008 och fortsatte sedan som grönräda enligt den långliggande planen för denna ruta.

Fältmätningar och analyser

Vattenprovtagning, vattenanalyser och utlakningsberäkning

De sju försöksrutorna (figur 1) har alla separata dräneringssystem, vilket möjliggör rutvis mätning och uppsamling av vatten. Dräneringsdjupet är ca 1 m. I varje ruta ($42 * 100 \text{ m}^2$) ligger tre rör med 14 m mellanrum vilka samlar upp det avrinnande vattnet och leder det till en mätbrunn med en dräneringspump. Vattenflödet mättes med vattenmätare kopplad till en datalogger som lagrade vattenflödesdata i form av timvärden. Vattenprover togs för analys av nitratkväve, totalkväve, fosfatfosfor och totalfosfor. Provtagningen var flödesproportionell med en automatisk vattenprovtagare av modell ISCO kopplad till dataloggern. För varje 0,25 mm avrinning gav loggern en signal som aktiverade en peristaltisk pump att ta ett vattenprov om ca 15 ml. Dessa vattenprover lagrades som ett samlingsprov. Vattenprov för analys uttogs varannan vecka då avrinning skedde. Analyser utfördes enligt EU-standarder vid Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.

För att beräkna utlakningen multiplicerades den analyserade koncentrationen på varje samlingsprov med alla dygnsavrinningar som skett från respektive ruta sedan föregående provtagningstillfälle. Dygnstransporterna summerades sedan till månads- och årstransporter (agrohydrologiska år, 1/7-30/6). Summerad årstransport från varje försöksruta dividerades med summerad årsavrinning från respektive ruta för att få fram rutans årsmedelkoncentration.

Tabell 4. Datum för olika odlingsåtgärder i försöket under 2006-2008

Led	A Grönträda med intensiv putsning			B Grönträda med enstaka putsning			C Långliggande grönträda
<i>ruta</i>	1	4	5	2	3	6	7
<i>Inför försöksstart 2006</i>							
Gröda	Havre	Höstvete	Höstvete	Höstvete	Höstvete	Havre	
Insådd av grönträda	16-maj	27-apr	27-apr	27-apr	27-apr	16-maj	
Skörd av huvudgröda	28-aug	11-aug	11-aug	11-aug	11-aug	28-aug	
<i>2007</i>							
Extra insådd		29-mar	29-mar	29-mar	29-mar		
Putsning 1	05-jun	05-jun	05-jun				
Putsning 2	10-jul	10-jul	10-jul	10-jul	10-jul	10-jul	10-jul
Putsning 3	10-aug	10-aug	10-aug				
Putsning 4	13-sep	13-sep	13-sep				
<i>2008</i>							
Putsning 1	29-maj	29-maj	29-maj	29-maj	29-maj	29-maj	
Putsning 2	01-jul	01-jul	01-jul	01-jul	01-jul	01-jul	01-jul
Kemisk brytning	08-jul	08-jul	08-jul	08-jul	08-jul	08-jul	
Stubbearbetning 10 cm djup	29-jul	29-jul	29-jul	29-jul	29-jul	29-jul	
Plöjning, 22 cm djup	30-jul	30-jul	30-jul				
Stubbearbetning, 5 cm djup				30-jul	30-jul	30-jul	
Harvning	30-jul	30-jul	30-jul	30-jul	30-jul	30-jul	
Harvning	15-aug	15-aug	15-aug	15-aug	15-aug	15-aug	
Sådd av höstraps	16-aug	16-aug	16-aug	16-aug	16-aug	16-aug	

Klippta grödprov

För bestämning av kväve i ovanjordiskt växtmaterial på senhösten och inför brytning av träda provtogs växtmaterial på en yta om 0,75 m² fördelat på tre prov om vardera 0,25 m². Vid provtagning klipptes plantan ovan markytan så att allt ovanjordiskt växtmaterial kom med, men ingen jord. Analys av mängden kväve i växtmaterial utfördes enligt svenska standarder vid Avdelningen för växtnäringslära vid SLU i Uppsala.

Putsning av grönträdor

Putsning av trädorna utfördes med vallskördemaskin. Vikterna från tre skördedrag antecknades och från varje drag togs ett prov för ts-bestämning och analys av kväve- och fosforinnehåll. Innehållet av totalkväve bestämdes enligt svenska standarder vid Institutionen för mark och miljö vid SLU i Uppsala.

Botaniska analyser

Vid tre tillfällen gjordes botanisk analys i samband med putsningen av trädorna. Den botaniska analysen utfördes på färskt växtmaterial som klipptes på en yta motsvarande 3 * 0,25 m² i varje ruta. Provet separerades i gräs, klöver och örtogräs. Proverna torkades och vägdes för bestämning av viktens fördelning mellan olika växtslag.

Lakning från växtmaterial i fält

För att få en uppfattning av hur mycket näring som frigjordes från växtmaterialet som lämnades på markytan efter putsningarna av trädorna utplacerades i försöket 7 st s.k. lakningstrattar med ytan 0,25 m² (50 cm * 50 cm). Dessa trattar hade ett nät som bildade en plan yta. Det regn som föll på växtmaterialet samlades i trattens botten. Trattarna placerades ut innan första putsningen i led A. Växtmaterial tillfördes sedan allteftersom putsningarna skedde. Mängden avrunnen vätska genom tratten vägdes och provtogs för analys av kväve-, kol- och fosforinnehåll ca 1 gång per månad under perioden juni till oktober.

Mineralkväve i marken

Jordprov för bestämning av markprofilens innehåll av mineralkväve (nitrat och ammonium) togs ut i tre skikt: 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm, vid flera tidpunkter under året. I matjorden togs 24 borrstick per ruta och i alven 12 stick. Delproven slogs ihop till skiktvisa samlingsprov. De förvarades frysta och homogeniserades genom frysmalning. Proverna extraherades med 2 M KCl och analyserades med avseende på innehåll av ammoniumkväve och nitratkväve. Extrahering och analys utfördes vid Institutionen för mark och miljö vid SLU.

Statistiska beräkningar

Statistisk analys för att undersöka om skillnader i utlakning av kväve och fosfor mellan leden var statistiskt signifikanta utfördes variansanalys med Mixed Procedure i SAS 9.1 (SAS Institute Inc.). Skillnader i mineralkväve i marken testades också vid varje tidpunkt för provtagning liksom höstrapsens tillväxt under hösten.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Grönträdornas tillväxt och sammansättning

Grödprovtagning och uppskattning av grödans marktäckning i november 2006 visade att vallinsådden och vallens etablering på ruta 1-6 fungerat olika bra, tabell 5. Särskilt i ruta 4 (led A), där endast 30% av markytan uppskattades vara beväxten i november var mängden växande vall mycket liten. Detta påverkade kväveutlakningen under efterföljande vinter (se nedan).

En extra insådd gjordes i flera av rutorna våren 2007, men just i ruta 4 var tillväxten hos trädan sämre än i de båda andra rutorna i led A även under 2007. Tabell 7 visar mängden avputsat växtmaterial i led A med fyra putsningar under 2007 samt i led B och C med endast en putsning detta år. Överlag var det ganska stora skillnader mellan de enskilda rutorna. Om man summerar medeltalet av mängden avputsat växtmaterial i led A och jämför det med den enstaka putsningen i led B och C finner man att det var ungefär i samma storleksordning i de olika leden. Dess sammansättning var däremot mycket olika. Växtmaterialet i led A hade betydligt högre halt av både kväve och fosfor än i led B och C och den ökade för varje putsningstillfälle. I led A var kvävehalten i medeltal 1,9% och fosforhalten 0,30%. I led B och C var kvävehalten ca 0,8% och fosforhalten 0,18% vid den enda putsning som gjordes i juli månad. Det betydde att mängden av kväve i det växtmaterial som lades på markytan var ca dubbelt så stort i led A som i led B och C (ca 80 kg N/ha jämfört med ca 40 kg) och mängden fosfor ca 40% större i A (13 kg P/ha jämfört med 9-10 kg). Återväxten mätt i november 2007 var större i led B och C än i A (längre tid för återväxt), men även då var halterna av kväve och fosfor lägre än i led A.

Under 2008 gjordes två putsningar både i led A och B, i slutet av maj respektive början av juli. Nu var växtmaterialets kväve- och fosforhalter relativt lika i de bägge leden med kvävehalter på drygt 2% och fosforhalter på ca 0,3%. Ett undantag var ruta 3 som hade lägre kvävehalter vilket berodde på att det inte fanns någon klöver enligt den botaniska analysen, tabell 6. Överlag var klöverinnehållet större i led A än i led B både under 2007 och 2008, men variationen mellan de olika rutorna var mycket stor. De olika putsningsstrategierna hade alltså ingen synlig inverkan på andelen klöver respektive gräs. I led C dominerades vegetationen av gräs och örtogräs (främst maskrosor). Mängden avputsat växtmaterial var betydligt större i led A än i led B under 2008 (5000 kg ts/ha jämfört med 3400 kg). Det verkade som om den intensiva putsningen i led A under 2007 resulterat i en större mängd tillgänglig näring som bidrog till vallens tillväxt under 2008. Det berodde troligen på att växtmaterialet i led A var mer lättomsättbart. Resultaten skiljer sig därmed från tidigare studier av gröntråda vid Lanna där Malgeryd & Torstensson (2005) drog slutsatsen att intensivare putsning inte bidrog till bättre växtnäringsförsörjning. Inför trädornas brytning fanns det således i led A en större mängd kväve och fosfor i det växtmaterial som skulle brukas ned vilket kunde tänkas kunna påverka både förhållandena för den efterföljande höstrapsen och utlakningsrisken. Vid provtagningen av växtmassan på marken tre veckor efter avdödning hade materialets sammansättning förändrats. Mängden provtagen biomassa var betydligt mindre än de mängder som putsats av under säsongen och halterna av kväve och fosfor hade sjunkit.

Tabell 5. Mängd ovanjordiskt växtmaterial hos höstväxande grödor samt dess innehåll av kväve och fosfor. 2006: vallinsådd, 2007: vallåterväxt, 2008: höstraps. I tabellen visas även resultat av provtagningen av grönrådan efter den kemiska brytningen, strax före jordbearbetning

Led	A Grönråda med intensiv putsning 2007				B Grönråda med enstaka putsning 2007				C Långl. Grönråda
ruta	1	4	5	medel	2	3	6	medel	7
2006-12-05, insådd på hösten									
Marktäckning, %	94	30	95	73	80	70	95	82	
Mängd ts, kg/ha	1282	829	1164	1092	1386	1306	1891	1528	
N, % av ts	2,17	3,12	2,35	2,54	2,46	2,69	1,93	2,36	
Mängd N, kg/ha	28	26	27	27	34	35	36	35	
2007-11-02, grönråda återväxt									
Mängd ts, kg/ha	335	88	122	182	732	951	2225	1303	2585
N, % av ts	2,92	2,27	3,12	2,77	1,16	1,2	1,97	1,44	1,27
Mängd N, kg/ha	10	2,1	3,8	5,3	8,3	11,5	44	21	32
P, % av ts	0,36	0,29	0,34	0,33	0,18	0,2	0,27	0,22	0,22
Mängd P, kg/ha	1,2	0,27	0,42	0,63	1,3	2	6	3,1	5,7
2008-07-28, avdödad träda									
Mängd ts, kg/ha	3474	2645	1612	2577	3211	2963	2133	2769	
N, % av ts	1,63	2,12	1,81	1,85	1,38	1,05	1,45	1,29	
Mängd N, kg/ha	57	57	29	48	45	32	31	36	
P, % av ts	0,26	0,28	0,27	0,27	0,19	0,20	0,26	0,22	
Mängd P, kg/ha	9,2	7,3	4,3	6,96	6,1	5,9	5,5	5,86	
2008-11-11, höstraps									
Planttäthet (0-100)	100	90	70	87	100	90	100	97	
Mängd ts, kg/ha	662	520	480	554	283	230	702	405	

Tabell 6. Botanisk sammansättning hos trädorna under 2007 och 2008

Led	A			B			C
Ruta	1	4	5	2	3	6	7
2007-07-10							
gräs	61	75	60	82	76	60	70
klöver	36	6	38	1	0	30	20
örter	3	19	2	17	24	10	10
2007-11-02							
gräs	85	75	63	94	99	64	99
klöver	15	25	37	6	1	36	1
2008-05-29							
gräs	70	55	55	80	99	70	80
klöver	30	45	45	20	0	30	10
örter	0	0	0	0	1	0	10

Tabell 7. Mängd putsat växtmaterial i trädorna under sommaren 2007 och 2008 samt dess innehåll av kväve och fosfor

Leda	A				B				C
	Gröntråda med intensiv putsning 2007				Gröntråda med enstaka putsning 2007				Långl. Gröntråda
ruta	1	4	5	medel	2	3	6	medel	7
<i>Putsning 1</i> 2007-06-05									
Mångd ts, kg/ha	2681	1367	1553	1867					
Kvävehalt, %	1,36	1,59	1,37	1,44					
Mångd kvåve, kg/ha	36	22	21	26					
Fosforhalt, %	0,28	0,3	0,25	0,28					
Mångd fosfor, kg/ha	7,6	4,2	3,9	5,2					
<i>Putsning 2</i> 2007-07-10									
Mångd ts, kg/ha	1346	972	1035	1118	4373	5016	5523	4971	5097
Kvävehalt, %	1,55	1,28	1,49	1,44	0,67	0,68	1,01	0,79	0,81
Mångd kvåve, kg/ha	21	12	15	16	29	34	55	39	42
Fosforhalt, %	0,3	0,28	0,26	0,28	0,16	0,17	0,18	0,17	0,19
Mångd fosfor, kg/ha	4	2,7	2,7	3,1	7,2	8,7	10	8,6	9,9
<i>Putsning 3</i> 2007-08-10									
Mångd ts, kg/ha	1015	179	398	531					
Kvävehalt, %	2,19	1,5	2,36	2,02					
Mångd kvåve, kg/ha	23	2,8	9,4	12					
Fosforhalt, %	0,36	0,33	0,29	0,33					
Mångd fosfor, kg/ha	3,7	0,6	1,15	1,8					
<i>Putsning 4</i> 2007-09-13									
Mångd ts, kg/ha	1380	450	987	939					
Kvävehalt, %	2,52	2,11	2,94	2,52					
Mångd kvåve, kg/ha	35	9,5	29	24,5					
Fosforhalt, %	0,33	0,32	0,31	0,32					
Mångd fosfor, kg/ha	4,6	1,4	3	3,0					
<i>Putsning 1</i> 2008-05-29									
Mångd ts, kg/ha	3826	3111	2834	3257	2027	2051	2648	2242	
Kvävehalt, %	1,87	2,17	2,34	2,13	1,62	1,19	1,88	1,56	
Mångd kvåve, kg/ha	72	68	66	69	33	24	50	36	
Fosforhalt, %	0,35	0,31	0,33	0,33	0,26	0,31	0,33	0,30	
Mångd fosfor, kg/ha	13,3	9,8	9,4	10,8	5,2	6,3	8,8	6,8	
<i>Putsning 2</i> 2008-07-01									
Mångd ts, kg/ha	2122	1733	1493	1783	1145	631	1691	1156	4508
Kvävehalt, %	2,37	2,65	2,53	2,52	2,31	1,44	2,37	2,04	1,08
Mångd kvåve, kg/ha	50	47	44	47	27	9	40	26	49
Fosforhalt, %	0,31	0,32	0,32	0,32	0,29	0,32	0,30	0,31	0,20
Mångd fosfor, kg/ha	6,61	5,63	5,42	5,89	3,29	2,04	5,16	3,50	9,13

Lakning från avputsat växtmaterial vid markytan

Det vatten som samlades upp i samband med nederbörd på de avslagna gröntrådorna var starkt påverkat av växtmaterialet. Sommaren 2007 var nederbördsrik och efter alla putsningstillfållena uppstod lakvatten i de speciella lakningstråttar som placerats ut. Tyvärr analyserades inte lakvattnet efter den första putsningen i led A, men efter putsning 10 juli (led A, B och C), 10 aug (led A) och 13 september (led A) samlades vatten som analyserades, tabell 8. I led A påfördes nytt material för varje tillfälle vilket innebär att t ex resultaten från 24 juli påverkas även av det växtmaterial som putsades av i juni. Lakvattnet var kraftigt färgat och innehöll väsentliga mängder organiskt material (20-30 kg organiskt kol/ha). Som framgår av tabell 8 förelåg endast en mycket liten del av kvåvet i nitratform. Om man följer led B och C i tabell 8 kan man se att halterna av totalkvåve och totalfosfor var högst

under de två första veckorna efter putsningen som utfördes 10 juli, dvs vid provtagningen 24 juli. Under de två följande provtagningarna avklingade halterna. I led B och C förlorades i medeltal 2,1 respektive 1,4 kg P/ha från det avslagna växtmaterialet genom lakning under drygt tre månader efter putsning. Den absolut största förlusten skedde under de två första månaderna och klingade sedan av. Av den totala mängden fosfor i växtmassan utgjorde förlusten 24% respektive 14% i led B respektive led C. Det var något mindre förluster än vad som uppmättes av Malgeryd & Torstensson (2005) i en tre-årig studie på samma plats. Förlusten av kväve följde samma mönster som fosfor. I led B och C förlorades ca 5 kg kväve genom lakning av växtmassan, vilket utgjorde ca 12% av kvävet i det avputsade växtmaterialet. Det är mycket tänkbart att det skedde förluster av kväve genom både ammoniakavgång och denitrifikation. De blöta förhållanden som rådde under sommaren 2007 gynnade sannolikt denitrifikationsaktivitet. I den ovan nämnda studien av Malgeryd & Torstensson fann man en ammoniakavgång motsvarande upp till 6 kg N/ha efter putsning av gröenträda. Växtmaterialet avgav stora mängder lättomsättbart kol vilket borde gett goda förutsättningar för denitrifikation förutsatt att ammoniumkvävet i växtmaterialet också först nitrifierades. För led A med den intensiva putsningen kunde ingen kvantifiering göras av den totala förlusten av fosfor och kväve från växtmaterialet eftersom ingen analys gjordes efter första putsningen. Av de följande provtagningarna kan det emellertid konstateras att mängden urlakat kväve och fosfor var större i led A än i övriga led under den resterande provtagningsperioden (3,3 kg P/ha och 8,3 kg N/ha).

Tabell 8. Mängd lakvatten och dess koncentration och mängd av organiskt kol (TOC) Totalfosfor, totalkväve och nitratkväve

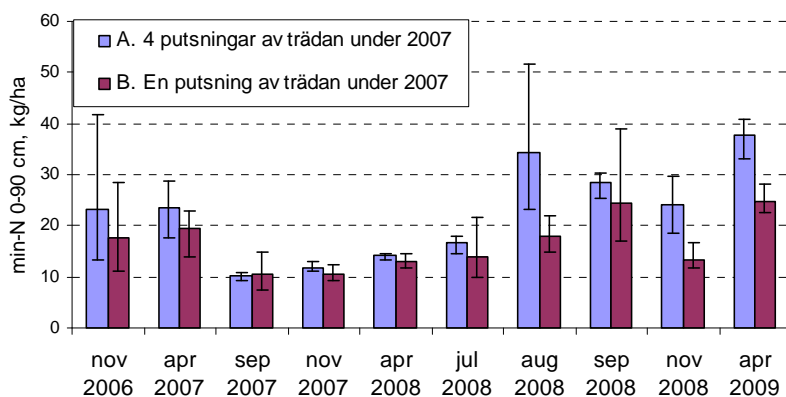
	Lakvatten	Konc. i lakvattnet (mg/l)				Mängd i lakvattnet (kg/ha)			
	(mm)	TOC	Tot-P	Tot-N	NO ₃ -N	TOC	Tot-P	Tot-N	NO ₃ -N
2007-07-24									
A-1	44	67	2,36	7,5	0,47	30	1,05	3,3	0,21
A-4	46	38		5,3		17		2,4	
A-5	42	69	5,40	7,0	0,22	29	2,26	2,9	0,09
medel	44	58	3,88	6,6	0,34	25	1,65	2,9	0,15
B-2	40	53	2,69	5,7	0,54	21	1,09	2,3	0,22
B-3	39	61	2,66	5,9	0,53	24	1,03	2,3	0,21
B-6	37	74		7,2		27		2,7	
medel	39	62	2,67	6,3	0,53	24	1,06	2,4	0,21
C-7	38	69	1,98	5,6	0,40	27	0,76	2,1	0,15
2007-09-20									
A-1	81	44	2,34	5,2	0,00	36	1,90	4,2	0,00
A-4	88	23	0,75	2,1	0,04	20	0,66	1,9	0,03
A-5	78	41	1,70	4,4	0,00	32	1,33	3,5	0,00
medel	83	36	1,60	3,9	0,01	29	1,30	3,2	0,01
B-2	67	25	1,04	3,9	0,05	17	0,70	2,6	0,03
B-3	67	28	1,40	3,3	0,34	19	0,93	2,2	0,23
B-6	65	34	1,63	3,9	0,44	22	1,06	2,6	0,29
medel	66	29	1,35	3,7	0,28	19	0,90	2,5	0,18
C-7	60	33	0,84	3,3	0,17	20	0,51	2,0	0,10
2007-10-22									
A-1	44	37	1,10	6,8	0,01	16	0,48	3,0	0,00
A-4	46	19	0,65	2,3	0,02	8,8	0,30	1,1	0,01
A-5	44	34	0,56	5,7	0,01	15	0,24	2,5	0,00
medel	45	30	0,77	5,0	0,01	13	0,34	2,2	0,01
B-2	29	19	0,68	1,5	0,37	5,6	0,20	0,4	0,11
B-3	27	25	0,57	1,7	0,06	6,6	0,15	0,5	0,01
B-6	27	28	0,54	2,0	0,88	7,6	0,14	0,5	0,24
medel	28	24	0,59	1,7	0,44	6,6	0,16	0,5	0,12
C-7	27	29	0,65	1,8	0,17	8,0	0,18	0,5	0,05

Mineralkvävedynamik i marken

Ruta 1-6 behandlades lika efter skörd av stråsåden 2006. På alla rutor växte en vallinsådd. Ändå var mängden mineralkväve i marken under senhösten 2006 mycket varierande mellan rutorna, figur 2, tabell 9. Det hade sannolikt att göra med den ojämna vallinsådden. På ett par av rutorna (3 och 4) var marktäckningen dålig, och i dessa rutor hade grödan inte tömt marken på kväve på samma sätt som i övriga rutor. Detta kunde också märkas genom förhöjd utlakning (se nedan). Ingen tätare provtagning gjordes under säsongen 2007, men under senhöst 2007 och vår 2008 var mängden mineralkväve i marken liten och jämn mellan leden. Den växande trädan höll effektivt nere mängden utlakningsbart kväve i marken oberoende av putsningsstrategi.

Trädan behandlades lika i led A och B under 2008 (putsning 29 maj respektive 1 juli). Det avputsade växtmaterialet vid putsningen innan brytning hade en kvävehalt på ca 2,5% med undantag för en ruta 3 där den var lägre. I led A uppmättes ca 50 kg N/ha i ovanjordisk biomassa och i led B 10-40 kg N/ha. Förutom i ruta 3 som saknade klöverinslag verkade det finnas förutsättningar för kväveminerialisering under den närmaste tiden. Trädan bröts på kemisk väg 8 juli. Efter 3 veckor stubbearbetades marken. Mängden mineralkväve som mättes strax före stubbearbetningen, i september, i november samt i mars 2009 visade på betydligt större mängder i led A vid samtliga tidpunkter. Skillnader var statistiskt signifikanta i november 2008 respektive april 2009 ($P < 0,05$). Skillnaden mellan enskilda rutor var stor, men om man jämför hur mycket växtmaterial som putsats av i de olika rutorna med mängden mineralkväve tre veckor efter avdödning kan man se ett troligt samband mellan mängden växtmaterial och mängden mineralkväve i marken. Även om putsningsstrategierna inte hade någon inverkan på utlakningsrisken så länge de växte, kunde man alltså se en viss ökad ansamling av kväve i marken efterföljande år i samband med kemisk brytning där man haft intensiv putsning som gynnat trädans tillväxt. Skillnaderna mellan leden kvarstod under hösten fram till våren 2009. I led A hade då marken både stubbearbetats plöjts i slutet av augusti, medan led B endast stubbearbetats 2 gånger. Harvning utfördes i båda leden inför sådd av höstraps. Det är alltså svårt att tolka hur stor del av ledskillnaderna under senare delen av hösten och våren som berodde på växtmaterialet i sig och på de olika jordbearbetningsförfarandena. Höstrapsens tillväxt, om än liten, dämpade också ansamlingen av mineralkväve i marken. Det var emellertid inga dramatiska förändringar av mineralkvävemängderna. På senhösten 2008 var mängden mineralkväve i medeltal endast 13-24 kg/ha och utlakningen visade sig bli liten efterföljande vinter, se nedan.

I den långliggande trädan på ruta 7 var mängden mineralkväve i marken relativt stabil över året, tabell 9. Med undantag för mängden ammoniumkväve i matjordsskiktet var mängderna små. Det är osannolikt att det skulle finnas så mycket ammoniumkväve i matjorden (12-26 kg/ha) utan att nitrifikationsaktivitet i marken skulle bidra till omfattande nitratbildning. Här finns en troligen en komplikation i analysmetoden, där lättomsättbart organiskt kväve tolkas som ammoniumkväve i extraktionsmetoden.



Figur 2. Mängden mineralkväve i marken inom 0-90 cm djup. I staplarna anges max- och minvärden för de enskilda rutorna. Detaljerad data över nitrat- och ammoniumkväve i olika delskikt framgår av tabell 9.

Tabell 9. Mängden mineralkväve i marken (kg/ha) i olika markskikt vid olika tidpunkter. De höga ammoniumkvävemängderna i matjorden i ruta 7 utgörs sannolikt av organiskt kväve som feltolkas som ammoniumkväve i analysmetoden

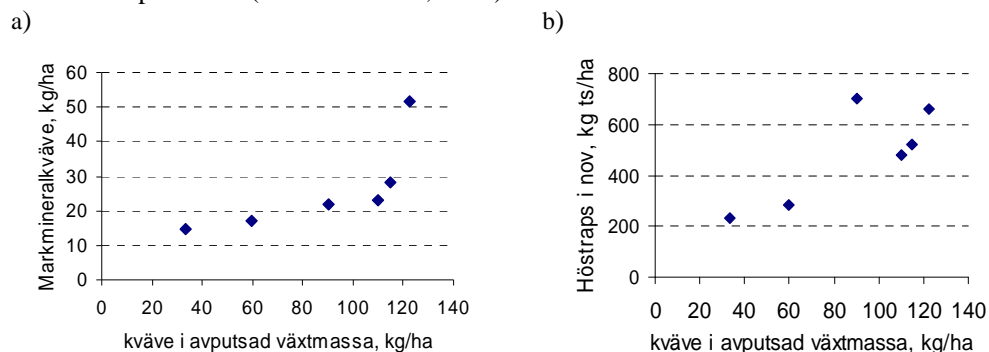
			NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	S:a				NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	S:a
			0-30		30-60		60-90						0-30		30-60		60-90		
06-11-23	1	A	7,1	3,4	1,2	0,9	1,2	1,2	15	2	B	5,6	2,9	1,3	1,2	1,2	1,5	14	
07-04-26	1	A	8,3	2,7	1,3	1,6	2,6	7,9	24	2	B	6,7	2,7	1,2	2,2	2,5	6,4	22	
07-09-10	1	A	6,9	1,1	1,0	0,1	0,9	0,3	10	2	B	4,8	0,9	1,0	0,1	0,7	0,1	8	
07-11-01	1	A	9,9	1,2	1,2	0,0	0,7	0,0	13	2	B	6,1	0,8	1,3	0,1	1,1	0,0	9	
08-04-01	1	A	11	1,3	1,0	0,1	0,9	0,1	15	2	B	8,1	1,3	1,2	0,1	0,9	0,1	12	
08-07-02	1	A	12	1,2	1,7	0,9	1,1	0,6	17	2	B	5,1	1,6	1,2	0,9	0,8	0,8	10	
08-07-29	1	A	11	5,7	1,7	2,4	15	16	52	2	B	7,1	3,0	1,2	0,4	1,7	3,9	17	
08-09-30	1	A	7,9	14	0,5	4,8	0,5	2,3	30	2	B	7,6	6,1	0,6	1,3	0,6	0,7	17	
08-11-10	1	A	8,0	5,3	1,2	5,0	0,7	3,6	24	2	B	5,8	2,1	1,2	1,3	0,4	1,1	12	
09-04-06	1	A	11	13	1,6	6,4	1,2	6,0	39	2	B	6,8	8,3	1,2	4,3	0,7	2,3	24	
06-11-23	4	A	5,8	5,8	1,1	14,5	1,2	14	42	3	B	7,2	5,3	1,2	6,9	1,0	6,8	28	
07-04-26	4	A	6,7	4,3	1,5	5,5	1,8	9,0	29	3	B	7,8	3,8	1,5	3,3	1,4	5,3	23	
07-09-10	4	A	6,6	0,5	1,1	0,0	0,9	0,1	9	3	B	6,1	0,9	1,4	0,0	0,8	0,0	9	
07-11-01	4	A	7,4	0,9	1,9	0,0	1,2	0,0	11	3	B	6,8	0,5	1,5	0,0	1,2	0,0	10	
08-04-01	4	A	10	1,5	1,3	0,1	1,1	0,1	14	3	B	9,2	1,2	1,3	0,1	1,1	0,1	13	
08-07-02	4	A	12	1,3	3,2	0,3	1,2	0,4	18	3	B	5,9	1,0	1,5	0,4	0,7	0,3	10	
08-07-29	4	A	8,9	13	1,7	1,3	1,5	2,1	28	3	B	8,1	3,5	1,0	0,3	1,0	0,9	15	
08-09-30	4	A	7,1	11	0,6	3,8	0,4	2,1	25	3	B	7,0	6,4	1,1	1,4	0,8	0,9	18	
08-11-10	4	A	6,8	3,9	1,0	4,1	0,7	2,0	19	3	B	6,3	2,0	1,4	1,0	0,7	0,5	12	
09-04-06	4	A	14	12	2,2	6,2	1,4	4,7	41	3	B	7,4	7,4	1,4	3,6	0,7	2,2	23	
06-11-23	5	A	5,3	2,7	1,5	1,4	1,2	1,3	13	6	B	6,2	1,4	1,5	0,4	1,2	0,6	11	
07-04-26	5	A	6,9	3,3	1,4	1,9	1,7	2,5	18	6	B	6,6	1,5	1,4	0,5	2,0	2,0	14	
07-09-10	5	A	6,9	0,8	1,4	0,1	1,4	0,4	11	6	B	7,0	0,6	3,6	0,8	1,8	1,0	15	
07-11-01	5	A	7,2	0,7	1,7	0,0	1,5	0,0	11	6	B	8,6	0,5	1,8	0,0	1,5	0,0	12	
08-04-01	5	A	9,6	0,7	1,7	0,2	1,2	0,1	13	6	B	10	1,2	1,6	0,0	1,7	0,0	15	
08-07-02	5	A	8,3	0,8	2,9	0,5	1,6	0,5	15	6	B	14	2,3	2,7	0,9	1,8	0,5	22	
08-07-29	5	A	9,3	8,5	1,8	0,9	1,5	1,2	23	6	B	9,7	7,8	1,7	0,5	1,3	0,8	22	
08-09-30	5	A	8,0	17	0,9	3,0	0,6	1,0	30	6	B	7,3	18	1,6	8,3	1,3	2,8	39	
08-11-10	5	A	6,5	10	1,0	8,1	1,0	3,2	30	6	B	7,2	2,7	1,3	2,5	1,1	1,8	17	
09-04-06	5	A	8,4	10	2,0	7,5	2,0	3,2	33	6	B	8,2	9,6	1,9	4,7	1,6	2,2	28	
06-11-23	7	C	15	1,9	2,2	0,4	2,1	0,3	22										
07-04-26	7	C	18	2,7	2,6	0,8	2,3	2,2	29										
07-09-10	7	C	14	0,3	2,2	0,2	1,8	0,7	20										
07-11-01	7	C	20	0,6	3,2	0,1	2,0	0,0	26										
08-04-01	7	C	25	1,6	2,5	0,1	5,1	0,1	34										
08-07-02	7	C	18	4,3	2,9	1,1	1,8	1,5	29										
08-07-29	7	C	13	1,7	1,4	0,4	1,2	0,4	18										
08-09-30	7	C	13	0,4	1,0	0,1	1,1	0,5	16										
08-11-10	7	C	12	0,4	1,4	0,1	1,0	0,1	15										
09-04-06	7	C	27	1,7	1,7	0,1	1,2	0,1	31										

Höstraps efter träda

Höstrapsen såddes den 16 augusti 2008. I led A föregicks den av konventionell såbäddsberedning genom stubbearbetning, plöjning och harvning. I led B genomfördes ytterligare en stubbearbetning istället för plöjning följt av harvning. Ingen gödsel tillfördes rapsen för att studera om grönrädans förfruktseffekt skulle räcka till för att försörja rapsen med kväve. Höstrapsen grodde som den skulle i de flesta rutorna och med undantag för ruta 5 var planttätheten 90-100% på senhösten, tabell 5.

Tillväxten var däremot liten, i medeltal för led A och B endast 550 respektive 400 kg ts/ha. Det berodde troligen på en liten kvävetillgång. Särskilt i rutorna i led B var mängden mineralkväve i marken liten under början av hösten (<20 kg/ha) vilket sannolikt betydde att rapsen utsattes för kvävebrist. Enligt gällande praxis bör rapsen ha tillgång till 30-50 kg kväve på hösten för att kunna växa till inför vintern. I de rutor där större mängder växtbiomassa brukats ned var tillväxten något större än i andra, figur 3. Om detta hade större betydelse än de olika jordbearbetningsförfarandena för rapsens förutsättningar går inte att svara på.

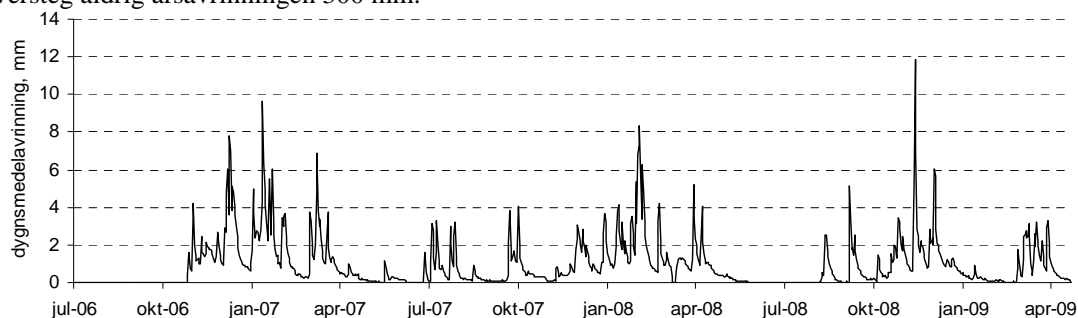
Maj 2009 var torr. Grödan hade förmodligen svårt att komma åt det gödselkväve som tillfördes och mineraliseringen i marken blev troligen också eftersatt. Höstrapsen var gles inför blomningen, vilket gällde många höstoljeväxter i området detta år. Det är svårt att säga hur mycket av glesheten som berodde på dåliga förhållanden under hösten respektive under våren, men att förlita sig till trädans förfruktseffekt för kväveförsörjning av rapsen på hösten kan inte rekommenderas. I försöket i Skåne inom samma projekt drogs slutsatsen att förfruktseffekten av ettårig grästräda inte kunde förse rapsen med kväve på hösten (Aronsson et al., 2009).



Figur 3. Summan av mängden avputsad växtmassa under 2008 i de olika rutorna i relation till a) mängden markmineralkväve 3 veckor efter avdödning av trädan och b) höstrapsens tillväxt mätt som mängd ovanjordisk torrs substans

Avrinning och utlakning av kväve och fosfor

Försöksperioden uppvisade tämligen våta förhållanden. Särskilt sommaren 2007 var regnig vilket resulterade i avrinning under i stort sett hela sommaren, figur 4. Under de agrohydrologiska åren (årssummor under perioden 1 juli-sista juni) 2006/2007, 2007/2008 och 2008/2009 var medelavrinningen 340, 360 respektive 260 mm. Under den föregående försöksperioden 2000-2005 översteg aldrig årsavrinningen 300 mm.

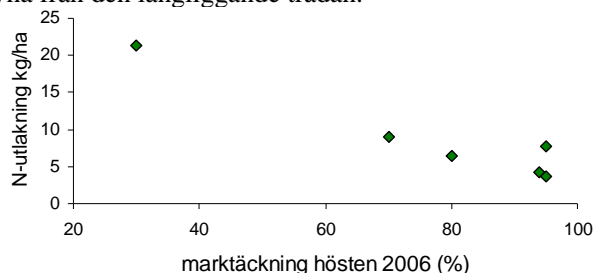


Figur 4. Dygnsmedelavrinning från de 7 försöksrutorna under perioden 1 juli 2006-april 2009

Kväveutlakning

Kväveutlakningen uppvisade störst variation under det första året med vallinsådden. Det hade säkerligen delvis att göra med att insådden var mycket ojämn. Det fanns ett samband mellan graden av marktäckning i de olika rutorna och mängden utlakat kväve, figur 5. Utlakningen var ändå oproportionellt stor i ruta 4 vilket är svårt att förklara. Denna ruta har även tidigare uppvisat tämligen stor utlakning av kväve jämfört med övriga rutor.

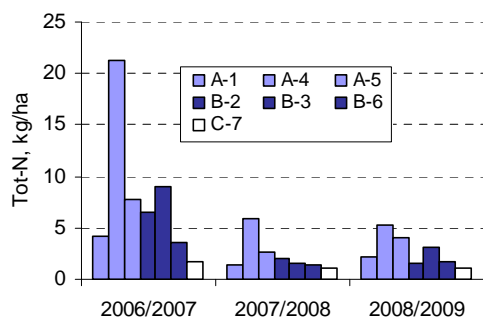
Under hösten vintern med växande träda (2007/2008) var utlakningen av kväve liten, figur 6 och tabell 11. Med undantag av ruta 4 som fortfarande låg ganska högt var medelkoncentrationen av totalkväve i dräneringsvattnet under 1 mg/l och årsutlakningen mindre än 3 kg/ha. Trots att väsentliga mängder kväve lämnats på markytan i led A med intensiv putsning verkade detta inte öka risken för utlakning under vintern. Den växande trädan var ett säkert skydd mot utlakning. Om man detta år jämför led B (ett år gammal träda med en putsning) och led C (långliggande träda med en putsning) kan man konstatera att utlakningen av kväve var något större från ettårsträdan, 1,6 kg N/ha jämfört med 1,1 kg N/ha från den långliggande trädan.



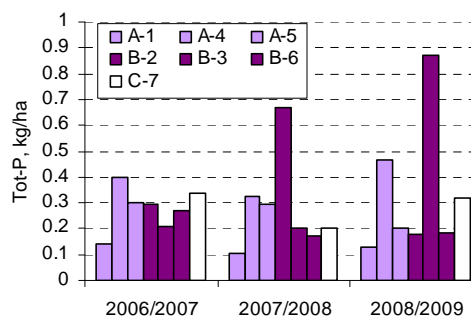
Figur 5. Sambandet ($R^2=0,92$) mellan graden av marktäckning hos vallinsådden 2006 och kväveutlakning efterföljande vinter.

Brytning av vallar under sommaren utgör en potentiell risk för kväveutlakning eftersom stora mängder kväve kan frigöras under hösten, vilket bland annat visats i studier av ekologiska odlingssystem på Lanna (Torstensson, 2003). Om man antar att rötter och stubb innehåller lika mycket kväve som den ovanjordiska biomassan så innebär det i detta fall att det nedbrukades uppåt 100 kg kväve inför höstrapsådden. I led B skedde nedbrukningen endast ytligt medan materialet plöjdes ned i led A. I led C gjordes ingen jordbearbetning alls. Mätningarna av mineralkväve visade i de flesta rutor inga dramatiska ökningsar av utlakningsbart kväve i marken, men det fanns skillnader mellan leden. Höstrapsgrödan som såddes i augusti växte tämligen dåligt och verkade inte haft tillgång till kväve i den utsträckning som behövdes i något av leden. Det skedde inte heller någon nämnvärd utlakning av kväve. Kvävekoncentrationerna var visserligen högre än under föregående år men de var ändå låga och den mindre avrinningen detta år gjorde att utlakningen bara blev något större än under föregående år med en växande träda, i medeltal 2-4 kg Tot-N/ha. Det avdödade växtmaterialet hade relativt låga kvävehalter (1-2%) och det är möjligt att nettokvävemineraliseringen inte kom igång så tidigt under hösten trots gynnsamma temperaturer och relativt bra tillgång på markfukt. Resultaten är ändå förvånande eftersom utlakningen var betydligt mindre än från stråsädesodling generellt. Höstrapsens tillväxt, mätt genom klippning av den ovanjordiska växtmassan, var inte stor under hösten men den bidrog säkert till att dämpa utlakningen. Höstraps har ett stort kvävebehov på hösten och kan ta upp stora mängder kväve (se t.ex. Engström et al., 2000) så det kväve som frigjorts under hösten har med stor sannolikhet tagits upp av rapsen. Det fanns inga tydliga skillnader som kunde kopplas till de olika jordbearbetningsstrategierna.

a)



b)

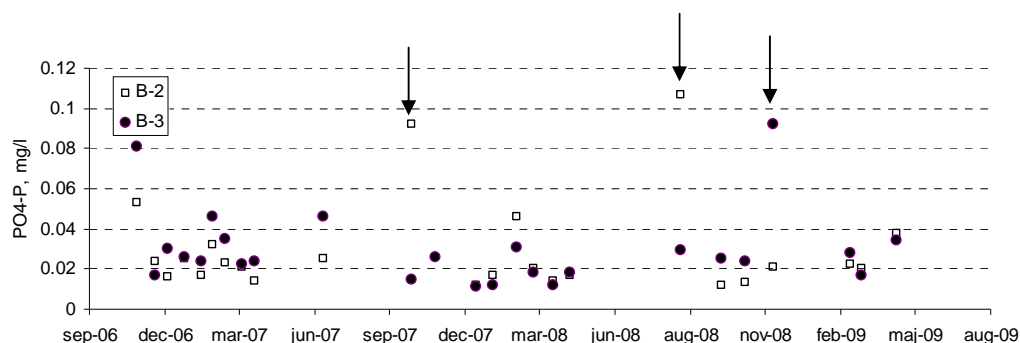


Figur 6. Årlig utlakning av a) totalkväve och b) totalfosfor från samtliga rutor. Mer detaljerad information om avrinning halter och utlakning finns i tabell 11.

Fosforutlakning

Mätningarna av lakning av växtmaterialet i fält visade att mer än 20% av fosfor i växtmaterialet löstes ut med hjälp av regnvattnet som föll på marken. Gav detta utslag genom förhöjda halter av fosfor i dräneringsvattnet under den regniga sommaren 2007? I sex av sju rutor kunde ingen särskild händelse konstateras, men i ruta 2 noterades kraftig förhöjd totalfosforhalt i oktober 2007. I denna ruta liksom i ruta 3 uppstod också förhöjda koncentrationer av totalfosfor efter brytningen av trädan hösten 2008. Fosforhalterna i dräneringsvattnet hos dessa två rutor visas i figur 7. Även i flera av de andra rutorna fanns ett språng uppåt hos koncentrationerna hösten 2008, men inte lika kraftigt (visas inte). Det är möjligt att den frigörelse som skedde av fosfor från växtmaterialet kan ha bidragit till koncentrationssökningarna i ruta 2 och 3 och att det indikerar en risk som kan kopplas till trädesodling och som bara kommer till uttryck i speciella situationer vad gäller flödesmängder och/eller flödesvägar genom marken. I övrigt fanns det inget som tydde på att olika putsningsstrategier eller brytningsförfaranden konsekvent skulle påverkat fosforförlusterna.

Vid jämförelse av fosforutlakning från ettårig träda (led B 2007) och ogödslad långliggande träda (led C) framgår det av tabell 11 att den var ungefär lika, ca 0,2 kg /ha.



Figur 7. Halter av totalfosfor i två av rutorna i led B som uppvisade förhöjda koncentrationer vid några tillfällen

Jämförelse av utlakning med tidigare försöksperiod

Det kan vara intressant att jämföra utlakningssituationen under åren med träda jämfört med utlakningen under tidigare försöksperiod med stråsädesodling. En komplikation med sådana jämförelser är att årsmånen, som starkt påverkar förlusterna, då ej är densamma. Under föregående försöksperiod var avrinningen generellt något mindre, särskilt den långliggande vallträdan avvek med låg avrinning under flera års följd, tabell 10. Vid jämförelse av perioden med grönträda och perioden med vanlig stråsädesodling framgår att sammansättningen hos det avrinnande vattnet skiljde sig åt i de olika odlingssystemen. Vid övergången från stråsädesodling till trädesodling halverades kväveutlakningen, medan fosforutlakningen nära nog dubblerades. Kvoten mellan kväve- och fosforhalterna i dräneringsvattnet blev därmed betydligt lägre. Detta har tidigare dokumenterats för den långliggande trädan, och resultaten stärker alltså dessa slutsatser (Ulén, et al., 2005) även om kvoten inte var så låg som i den långliggande trädan, tabell 10. En hög andel fosfor i det avrinnande vattnet kan främja blomning av blågröna alger i vattensystemen. Det kan emellertid inte uteslutas att den kraftigare avrinningen under 2007-2009 kan ha bidragit till större utlakning av fosfor jämfört med tidigare period och utlakningen från växtmaterialet på markytan kan ha förstärkts av den kraftiga nederbörden sommaren 2007. Märkligt nog var utlakningen av kväve liten även efter brytningen av träda, och mätningarna av mineralkväve liksom rapsens svaga tillväxt pekade på att det aldrig uppstod någon större ansamling av utlakningsbart kväve i marken. Kanske hann en del av kvävet att förloras genom denitrifikation under hösten och undgick därmed utlakning. Att en tidig höstbearbetning inte leder till större utlakningsrisk än sen höstbearbetning på denna jord konstaterades även under den föregående försöksperioden med odling av stråsäd. Snarare var då utlakningen av kväve större i samband med plöjning i november (Aronsson et al., 2006).

Tabell 10. Jämförelse av kväve- och fosforutlakning (årsmedelvärden) med tidigare försöksperiod på platsen

Typ av odling	Period	Medel- avr	Konc. och utlakning av totalkväve		Konc.och utlakning av totalfosfor		N/P (halter)
		mm	mg/l	kg/ha	mg/l	kg/ha	
Växtföljd med höstvet och havre, både sen och tidig höstbearbetning. Gödsling med N (90-160 kg/ha) och P (20 kg/ha)	2001-2006	230	3,7	8,5	0,07	0,17	51
Långliggande vallträda	2001-2006	66	0,7	0,5	0,10	0,06	7
Grönträda med brytning i juli 2008 följt av höstraps. Ingen gödsling	2007-2009	320	1,5	4,7	0,10	0,30	16
Långliggande vallträda	2007-2009	350	0,4	1,3	0,09	0,29	4

Tabell 11. Årsavrinning (mm), årlig utlakning (kg/ha) och årsmedelkoncentrationer (mg/l) av kväve och fosfor i dräneringsvattnet. Årsvärdena anges för agrohydrologiska år (1 juli-30 juni)

			Avr.	Läckage (kg/ha)				Konc. i dräneringsvattnet (mg/l)			
Gröda			(mm)	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P
2006/07											
1	Vallinsådd		351	3,5	4,2	0,062	0,142	1,0	1,2	0,018	0,040
4	Vallinsådd		346	19,3	21,3	0,124	0,399	5,6	6,2	0,036	0,115
5	Vallinsådd		306	6,8	7,7	0,094	0,301	2,2	2,5	0,031	0,098
2	Vallinsådd		402	5,8	6,5	0,093	0,260	1,4	1,6	0,023	0,065
3	Vallinsådd		300	8,2	9,0	0,099	0,292	2,7	3,0	0,033	0,097
6	Vallinsådd		299	3,0	3,6	0,071	0,208	1,0	1,2	0,024	0,070
	Medel		334	7,8	8,7	0,091	0,267	2,3	2,6	0,027	0,081
7	Långl. träda		397	0,7	1,8	0,095	0,336	0,2	0,4	0,024	0,085
2007/2008											
A-1	Träda, 4 putsn.		359	0,6	1,5	0,061	0,102	0,16	0,41	0,017	0,028
A-4	Träda, 4 putsn.		364	4,9	5,8	0,090	0,325	1,34	1,61	0,025	0,089
A-5	Träda, 4 putsn.		348	1,6	2,6	0,087	0,295	0,47	0,76	0,025	0,085
	Medel		357	2,4	3,3	0,079	0,241	0,66	0,92	0,022	0,067
B-2	Träda, 1 putsn.		396	1,1	2,0	0,177	0,670	0,28	0,50	0,045	0,169
B-3	Träda, 1 putsn.		296	0,7	1,5	0,059	0,202	0,25	0,50	0,020	0,068
B-6	Träda, 1 putsn.		321	0,6	1,4	0,059	0,174	0,20	0,44	0,018	0,054
	Medel		338	0,8	1,6	0,099	0,349	0,24	0,48	0,028	0,097
C-7	Långl. träda		407	0,2	1,1	0,069	0,202	0,04	0,28	0,017	0,050
2008/2009											
A-1	Träda, 2 putsn.	Stubbearbetn.och plöjning	319	1,5	2,1	0,057	0,128	0,46	0,66	0,018	0,040
A-4	Träda, 2 putsn.		252	4,7	5,3	0,091	0,468	1,87	2,12	0,036	0,185
A-5	Träda, 2 putsn.		174	3,5	4,1	0,046	0,205	2,03	2,36	0,027	0,118
	Medel		249	3,2	3,9	0,065	0,267	1,45	1,71	0,027	0,114
B-2	Träda, 2 putsn.	Stubbearbetn. 2ggr	269	1,1	1,6	0,069	0,175	0,42	0,59	0,026	0,065
B-3	Träda, 2 putsn.		323	2,0	3,1	0,146	0,871	0,62	0,96	0,045	0,270
B-6	Träda, 2 putsn.		249	1,4	1,8	0,045	0,181	0,55	0,71	0,018	0,073
	Medel		280	1,5	2,1	0,087	0,409	0,53	0,75	0,030	0,136
C-7	Långl. träda		233	0,3	1,1	0,047	0,319	0,14	0,46	0,020	0,137

SLUTSATSER

Slutsatserna kan sammanfattas enligt följande:

Odling av två-årig träda med 20-30% vitklöverinslag och brytning av trädan på sommaren innebar ingen ökad risk för kväveutlakning, oavsett putsningsfrekvens. Utlakningen av kväve från den två-åriga trädan var något större än från långliggande träda som inte gödslats på många år, men betydligt mindre än från stråsädesodling på samma jord. Detta trots ett kvävetillskott via vitklöverns kvävefixering. Detta kväve har säkerligen till stor del tagits upp av trädan och recirkulerats inom beståndet men vid brytningen fanns ändå ca 40-50 kg N/ha bara i den ovanjordiska växtmassan. Däremot fanns tendens till ökat fosforläckage under åren med träda jämfört med år då stråsäd odlades. En bidragande orsak till detta var troligen den omfattande lakning av fosfor som skedde från det avslagna växtmaterialet i samband med nederbörd. Sammansättningen hos det avrinnande vattnet förändrades därmed till att hålla en lägre N/P-kvot då marken odlades med grönträda. I den långliggande trädan var detta mönster ännu tydligare.

Upprepad putsning av trädan gav ett näringsrikare växtmaterial som ökade tillväxten hos trädan under det andra trädesåret och som gav något bättre förfruktseffekt för en efterföljande höstrapsgröda. Trädans förfruktseffekt var emellertid inte tillräcklig för att förse höstrapsen med tillräcklig mängd kväve.

Olika jordbearbetningsstrategier (enbart stubbearbetning respektive stubbearbetning och plöjning) efter kemisk brytning av trädan i juli gav inte upphov till skillnader i vare sig kväve- eller fosforutlakning. Utlakningen av kväve var överlag liten efter brytningen av trädan.

REFERENSER

- Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T. and Forkman, J. 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteväxtföljd och vallträda. *Ekohydrologi nr 93*, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H., Stenberg, M. och Rydberg, T. 2009. Kväve- och fosforutlakning från två växtföljder på lerjord med grön- och stubbträda. *Ekohydrologi 113*, Enheten för biogeofysik och vattenvård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Engström, L., Lindén, B. och Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige, inverkan av såtid och ogräsbe-kämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. SLU, Skara. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter. Rapport 7.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. och Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva -studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. *Ekohydrologi nr. 33*, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Lindén, B., Aronsson, H., Engström, L., Torstensson, G. och Rydberg, T. 2006. Kvävemineralisering och utlakning av kväve och fosfor på en lerjord vid Lanna i Västergötland. *Ekohydrologi nr 91*, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Malgeryd, J. & Torstensson, G. 2005. Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av gröngödslingsvallar. JTI-rapport Lantbruk & Industri 335. JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling-utlakningsrisker och kväveomsättning. *Ekohydrologi 73*. Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Ulen B., Aronsson, H., Torstensson, G. & Mattsson, L. 2005. Nutrient turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in south-west Sweden. *Soil Use Management* 21: 221-230.